

## SIMULASI PENGELOLAAN SAMPAH KOTA DENGAN POWERSIM

Setia Budi Sasongko \*)

### *Abstract*

*This article is developed based on the previous articles in this journal about municipal solid waste (MSW) or rubbish in municipal which should be well managed to withdraw from negative effect. Based on the secondary data can be prepared computation model using Powersim as the objective of this article. Application of Powersim is also discussed in this article to develop operation of the simulator. The simulation of the municipal solid waste management is the action to replicate the real situation or event to get the effect or appearance system. The results of computation model by Powersim can be simulated several activities of the municipal solid waste such as the environmentalist or the decision maker to carry out clean municipal.*

*Key words: Municipal solid waste (MSW), Rubbish, Powersim*

### **Pendahuluan**

Tulisan ini sebagai bagian untuk melengkapi beberapa tulisan sebelumnya tentang sampah dan juga penggunaan Powersim pada media/majalah yang sama dengan penekanan pada simulasi. Simulasi merupakan suatu aktivitas menirukan kejadian atau keadaan yang sesungguhnya, dengan harapan pengguna akan mendapatkan gambaran atau fenomena dari sistem yang dikaji dengan menggunakan alat bantu simulator. Berbagai macam ragam bentuk simulator, akan tetapi dalam tulisan ini, digunakan simulator dengan bantuan (berbasis) komputer (selanjutnya disebut dengan simulasi komputasi), sebagai alat bantu analisis obyek kajian.

Obyek yang akan disimulasikan adalah pengelolaan sampah di daerah perkotaan. Sebagaimana diketahui sampah merupakan salah satu hasil (produk) samping yang “tidak-berguna” dari aktivitas manusia. Dimana kata “tidak-berguna” menjadi relatif tergantung dari subyeknya. Disatu sisi bahan yang tidak berguna akan menjadi berguna, sebagai bagian dari proses daur-ulang atau pemanfaatan kembali menjadi bahan lain yang lebih berguna. Sampah sebagai obyek kajian disini adalah sampah padat sebagai hasil buangan dari berbagai kegiatan di daerah perkotaan, antara lain kegiatan rumah tangga, maupun non-rumah tangga.

Penekanan sampah di daerah perkotaan disebabkan di daerah pedesaan pada umumnya sampah dapat dikelola oleh masyarakat sendiri dengan cara diubah menjadi kompos atau pupuk tanaman alamiah, ditimbun di tanah atau dibakar. Yang menjadi masalah, rumah tangga yang tinggal di daerah perkotaan pada umumnya mempunyai lahan yang terbatas, sehingga usaha untuk mengkonversi sampah secara individu (dalam hal ini rumah tangga) sangat terbatas.

Karena keterbatasan tersebut, di perkotaan pengelolaan sampah dilakukan oleh pihak instansi pemerintah setempat ataupun pihak swasta. Akan tetapi, pada kenyataannya pengelolaan sampah di perkotaan pada umumnya masih menimbulkan berbagai macam permasalahan. Oleh karenanya, tulisan ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi pihak terkait dengan menggunakan data-data sekunder yang ada maupun asumsi-asumsi sebagai bagian dari penyederhanaan masalah.

Tujuan dari simulasi ini, pertama mendapat gambaran atau fenomena mengenai pengelolaan sampah di perkotaan dengan cara membuat “sistem model dinamis” pada sistem sampah perkotaan, dilanjutkan melakukan simulasi dengan menentukan dan mengubah-ubah variabel berpengaruh pada sistem / model yang dibuat sehingga dapat diketahui respon dari variabel yang diamati (variabel keadaan) dengan harapan dapat berguna untuk pengambilan kebijakan atau keputusan pada instansi terkait.

### **Batasan Masalah**

Sampah yang dimaksud dalam tulisan ini adalah sampah padat hasil kegiatan masyarakat perkotaan yang dibuang ke sekeliling baik yang di TPS (tempat pembuangan-sampah sementara) ataupun tempat lain. Selanjutnya oleh pihak pengelola sampah di bawa ke TPA (Tempat Pembuangan sampah Akhir).

### **Tinjauan Pustaka**

Jumlah sampah di kota Semarang pada tahun 2004 yang berpenduduk sekitar 1,4 juta jiwa sebesar 3500 m<sup>3</sup>/hari atau 1,7 juta m<sup>3</sup>/tahun berdasarkan data dari Dinas Kebersihan Kota Semarang, Beppenas & Pemkot Semarang (2006). Dimana jumlah tersebut dapat di klasifikasikan menjadi tujuh golongan sebagaimana tertera pada Tabel 1.

---

\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Fakultas  
Teknik Undip

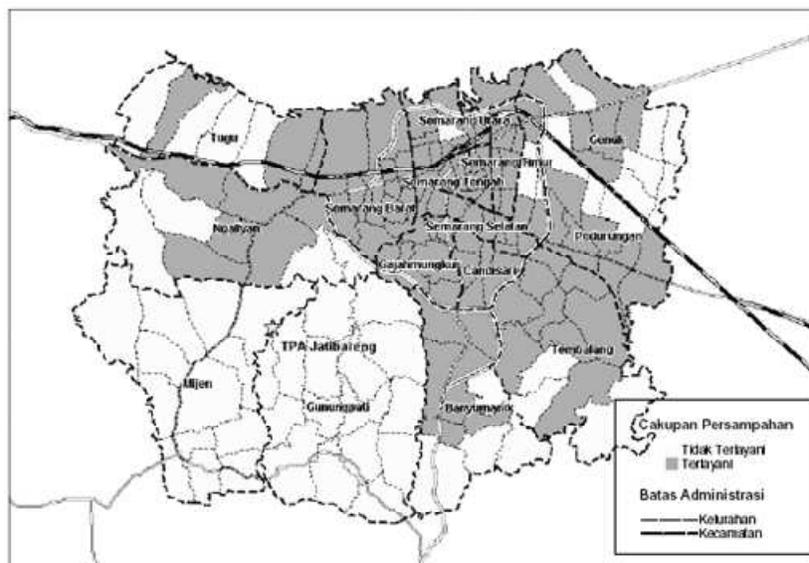
Tabel 1: Produksi Sampah/hari di Semarang Tahun 2004

No.	Sumber Sampah	Jumlah m <sup>3</sup> /hari	%
1.	Pemukiman/Rumah tangga	2.650	75,71
2.	Pasar	500	14,29
3.	Komersial (Pertokoan, Restora, hotel)	90	2,57
4.	Fasilitas Umum	65	1,86
5.	Sapuan jalan	60	1,71
6.	Kawasan Industri (Non B3)	125	3,57
7.	Saluran air kotor	30	0,86
	<b>Jumlah</b>	<b>3.500</b>	<b>100</b>

Akan tetapi jumlah sampah yang dapat terlayani di kota Semarang hanya sekitar 71% (2485 m<sup>3</sup>/hari). Gambar 1 memperlihatkan daerah cakupan pelayanan

pengelolaan sampah yang dapat terlayani atau masuk pada Tempat Pembuangan sampah Akhir - TPA (warna abu-abu). Sedangkan pemukiman yang tidak terlayani oleh pengelolaan sampah sampai dengan ke TPA, dilakukan dengan cara pembakaran, ditimbun di pekarangan dan bahkan sebagian ada yang dibuang ke badan sungai.

Peran pemerintah kota Semarang dalam pengelolaan sampah terutama bertanggung jawab pada tahap pengangkutan dan pembuangan akhir, serta pengumpulan khusus pada pelayanan di jalan-jalan utama. Sampai saat ini Tempat Pembuangan sampah Akhir terletak di Jatibarang kecamatan Mijen. Timbunan sampah di TPA tersebut sudah mencapai 5,75 juta m<sup>3</sup>, dimana kapasitas tersebut sudah melampaui daya tampung di TPA Jatibarang sebesar 4,15 juta m<sup>3</sup>.



Gambar 1: Daerah cakupan sampah yang terlayani (abu-abu) dan tidak terlayani, serta lokasi TPA Jatibarang, Kecamatan Mijen.

Dengan semakin meningkatnya timbunan sampah jelas akan menambah kelebihan daya tampung dari TPA tersebut. Kondisi akan semakin parah, apabila penanganan sampah di TPA tidak terkendali dengan cara penumpukan liar (*open dumping*) yang akan mengancam lingkungan baik di sekitar maupun kota, seperti pencemaran udara, air lindi yang sulit dikendalikan, terjadi longsor yang dimungkinkan masuk ke sungai Kreo sebagai *intake* bagi PDAM Semarang.

Selain itu, penumpukan sampah yang tidak terkendali akan mengakibatkan tempat tersebut dikemudian hari tidak dapat dimanfaatkan dengan baik. Akibatnya jumlah lahan yang terbatas di daerah perkotaan akan semakin bertambah terbatas atau menipis. Akan tetapi, pemindahan lokasi TPA perlu mendapat perhatian serius dengan melakukan identifikasi lokasi baik dari aspek teknis maupun non - teknis, seperti struktur

tanah, kecepatan dan arah angin, jarak terhadap lokasi pemukiman, pengaruh terhadap sumber air dan masih banyak pertimbangan yang perlu diperhatikan (Bitta, P dan Omar, B, 2006). Yang jelas penetapan lokasi pembuangan sampah akhir merupakan lokasi yang tidak ekonomis atau non-produktif (Kristanto, P., 2002).

Sumber sampah yang perlu mendapat perhatian terletak di daerah pemukiman sebagaimana data pada tabel 1, Hal tersebut diperkuat oleh tabel 2 yang merupakan data secara keseluruhan di Indonesia sampah yang berasal dari perumahan sebagai persentase kedua sumber sampah dari total sampah ± 475.000 m<sup>3</sup>/hari di Indonesia.

Tabel 2: Susunan sampah berdasarkan sumber

Sumber sampah	%
Tanah galian	32
Sampah dari pemuliman	31
Sampah dari kegiatan pembangunan	26
Sampah dari perindustrian & perdagangan	8
Sampah khusus/berbahaya (rumah sakit)	3
Jumlah	100
Total sampah: 475.000 m <sup>3</sup> /hari di Indonesia	

Sumber: Frick H dan Suskiyatno B. (2007)

Selain sumber timbulan sampah sebagaimana yang telah dipaparkan pada tabel 1 dan 2, juga perlu dilihat komposisi (susunan) sampah. Dengan mengetahui kecenderungan komposisi sampah, akan menjadi pertimbangan dalam proses pengelolaan dari sampah. Tabel 3 menunjukkan susunan sampah dari pemukiman di daerah perkotaan.

Tabel 3: Komposisi sampah pemukiman perkotaan

Jenis sampah	DKI Jakarta %	Semarang %
Sampah organik	74	62
Kertas/kardus	10	12
Plastik & bhn sintetik	8	14
Logam	2	2
Gelas/botol/kaca	2	2
Kayu	1	-
Kain, karet	3	8
Jumlah	100	100

Sumber: Frick H dan Suskiyatno B. (2007)

Komposisi organik menunjukkan persentase yang cukup tinggi berdasarkan dua data di kota besar (Tabel 3). Hal yang sama dikemukakan berdasarkan penelitian Winardi D.N dkk (2007) di kota Magelang sampah organik 257,16 m<sup>3</sup>/hari (69,65%) dan an-organik 112,05 m<sup>3</sup>/hari (30,35%). Winardi D.N dkk (2007) juga memprediksi timbulan sampah berdasarkan pendekatan linear berganda di daerah penelitiannya sebanding dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan PDRB perkapita.

Komposisi sampah di daerah perumahan ada kecenderungan terjadi perubahan dari perbandingan sampah organik (74%) / an-organik (26%) dari tahun 1982 berubah menjadi sampah organik (55%) / an-organik (45%) pada tahun 2005. Diprediksi akan terjadi perubahan menjadi sampah organik (35%) / an-organik (65%). Keadaan ini perlu mendapat perhatian khususnya dalam pengelolaan sampah (Frick dan Suskiyanto, 2007).

Pengelolaan sampah sebaiknya bersifat terpadu artinya mulai dari anggota masyarakat sampai pada tingkat pengelola baik dari instansi pemerintahan maupun swasta. Adanya asas pencemar pembayar (*polluter pays principles*) sebagaimana tertuang dalam UU No.4 / 1982, sudah dilaksanakan mulai dari tingkat paling bawah, yaitu setiap KK (Kepala Keluarga) mendapat beban kontribusi untuk membayar biaya pengangkutan sampah yang dikelola di tingkat RT. Akan tetapi, pengelolaan sampah di tingkat hulu dapat dilakukan dengan cara pencegahan yaitu pertama mengurangi (mereduksi) sumber sampah, kedua pemanfaatan sampah yang meliputi

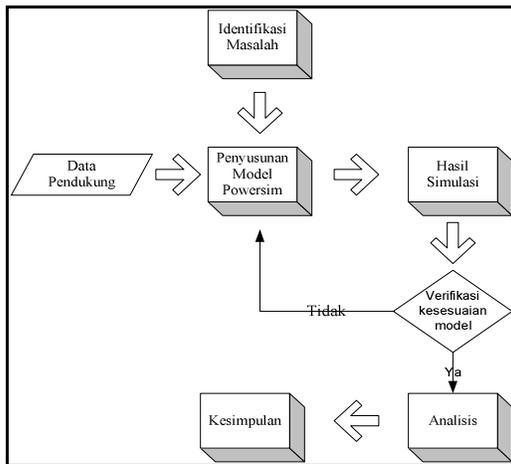
- Menggunakan kembali untuk keperluan lain tanpa dilakukan proses yang rumit (*reuse*), misalnya pemanfaatan kertas sebagai bagian pengemasan barang.
- Daur ulang (*recycle*) yaitu pemanfaatan kembali akan tetapi masih diperlukan kegiatan tambahan, misalnya kertas digunakan sebagai bahan baku pabrik kertas, dalam hal ini diperlukan proses tambahan seperti *deinking* (penghilangan tinta).
- Pemanfaatan menjadi produk lain (*recovery*), misalnya sampah organik yang diubah menjadi bahan bakar (*biofuel*).

Dengan pengelolaan sampah yang baik maka akan terjadi diversifikasi sampah menjadi barang yang lebih bermanfaat dan juga volume sampah akan dapat diminimasi yang berakibat:: (Nurandani, H., 2006)

- Biaya transportasi akan berkurang
- Sampah yang masuk TPA juga berkurang, sehingga kebutuhan lahan dan biaya operasional akan berkurang

### Metodologi

Metode penyusunan model simulasi sebagaimana yang ditunjukkan diagram alir pada gambar 2. Identifikasi masalah meliputi latar belakang sampai dengan tujuan penyusunan model serta batasan dan asumsi yang digunakan. Berdasarkan data-data pendukung serta tinjauan pustaka, maka model disusun dengan menggunakan alat bantu Powersim. Kemudian dilakukan simulasi dengan merubah beberapa parameter atau variabel penggerak sistem, maka akan didapat hasil simulasi yang berupa grafik ataupun data perhitungan. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan keadaan riil atau dikenal dengan verifikasi hasil. Apabila hasil simulasi menunjukkan trend sesuai dengan keadaan sesungguhnya maka model dapat dianggap sesuai, sebaliknya apabila tidak maka perlu dilakukan perbaikan dari model simulasi. Selanjutnya dilakukan analisis dan hasil akhir dapat dibuat sebagai kesimpulan.



Gambar 2: Diagram alir metodologi

Powersim merupakan simulator untuk menyusun model sistem dinamis yaitu suatu model dimana variabel yang diamati akan terjadi perubahan setiap saat atau sebagai fungsi waktu. Penyusunan model didasarkan pada dua pendekatan, yaitu

1. Hubungan sebab – akibat, selanjutnya hubungan tersebut diubah dalam bentuk variabel atau parameter dalam sistem dinamis tersebut.
2. Konservasi (neraca) bahan, yaitu bahan tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Dalam hal ini, yang mungkin terjadi adalah perubahan bahan baik yang bersifat fisis, biologis atau kimiawi.

Pada umumnya, model tersebut disusun berdasarkan persamaan (model) matematis. Akan tetapi, saat ini terdapat perangkat lunak Powersim, yang dapat menyederhanakan masalah tanpa harus menyusun persamaan matematis. Masih banyak perangkat lunak setipe yang selanjutnya disebut dengan simulator dinamis seperti STELLA, DYNAMO dan lain sebagainya. Perangkat lunak tersebut menggunakan gambar atau simbol sebagai alat komunikasi dengan penggunaannya, sebagaimana ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4: Simbol pada Powersim

Istilah model	Simbol	Keterangan
Level		Variabel keadaan ( <i>state variable</i> ) atau objek yang dikaji
Flow (aliran)		Aliran masuk atau keluar yang berpengaruh pada variabel keadaan

Tabel 4. Lanjutan

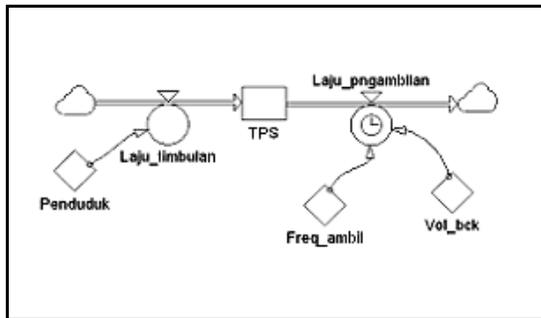
Istilah model	Simbol	Keterangan
Auxiliary		Variabel yang nilainya sebagai bagian dari waktu dapat berdiri sendiri atau bergabung dengan aliran
Constant		Parameter yang nilainya bukan fungsi waktu, dapat berdiri sendiri atau bergabung dengan aliran
Link (penghubung)		Penghubung antara satu variabel/parameter dengan parameter/variabel lainnya.

#### Hasil dan Pembahasan

Penyusunan model sistem dinamis persampahan kota dimulai dari sistem yang sederhana, yaitu sistem pembuangan sampah sementara yang berada disekitar penduduk pada tingkatan RT (Rukun Tetangga). Sebagai objek kajian (dalam hal ini sebagai variabel keadaan atau *level*) adalah jumlah sampah pada TPS yang dinyatakan dengan unit-satuan m<sup>3</sup>/hari. Berdasarkan pendekatan sebab-akibat, maka jumlah sampah di TPS dipengaruhi oleh banyaknya sampah yang masuk pada TPS tersebut dikurangi oleh sampah yang diambil oleh becak/angkutan sampah yang akan dibuang ke container. Penyusunan model tersebut, berdasarkan pada pendekatan konservasi (neraca) bahan yang dapat dinyatakan bahwa:

$$\text{Akumulasi} = \text{Input} - \text{Output}$$

Dimana, akumulasi merupakan perubahan dari variabel keadaan atau variabel yang dikaji, dalam hal ini jumlah sampah di TPS setiap saat. Apabila *Input* sama dengan *Output* maka akumulasi sama dengan nol, artinya tidak terjadi perubahan sebagai fungsi waktu atau sistem tersebut dikatakan stabil, tunak (*steady state*) atau statis (tidak dinamis). Hubungan jumlah sampah di TPS dengan laju aliran masuk dan keluar dimodelkan dengan Powersim seperti pada gambar 3 yang selanjutnya disebut dengan MODEL 1.



Gambar 3: MODEL 1, Ilustrasi model dinamis pengelolaan sampah tingkat RT/RW di daerah perumahan

Pada tabel 5 berikut, tampilan dari Powersim dalam bentuk persamaan, yang dinyatakan dalam 7 baris.

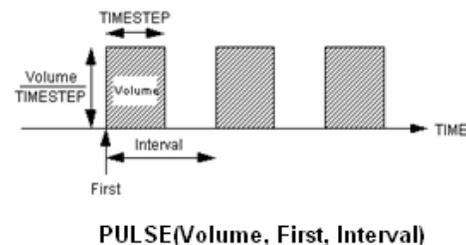
Tabel 5: Persamaan Powersim pada gambar 3

1		Init: TPS = 0 TPS = -dt*Laju_pengambilan +dt*Laju_timbulkan
2		Laju_timbulkan = 2.5*Penduduk/1000
3		Laju_pngambilan = PULSE(Vol_becak, 0, Freq_ambil)
4		Vol_Ambil = PULSE(Vol_Bck, 0, Freq_ambil)
5		Freq_ambil = 4
6		Penduduk = 250
7		Vol_Bck = 1.8

- Pada baris pertama merupakan simbol dari *Level*, sebagai variabel dari objek yang dikaji dalam hal ini jumlah sampah di TPS, adalah - laju pengambilan + laju timbulan sebagai fungsi waktu (dt). Garis panah besar keluar ditandai dengan -, sedangkan garis panah masuk ditandai dengan +.  
Pada waktu mula-mula, di dalam TPS tidak terdapat sampah, oleh karenanya Init: TPS = 0.
- Baris ke 2: Laju\_timbulkan dipengaruhi oleh jumlah penduduk x 2,5.  
Dimana angka 2,5 merupakan tetapan jumlah sampah yang terbuang sebesar 2,5 liter/ orang/ hari, dengan konversi 1000 yang mengubah liter (dm<sup>3</sup>) menjadi m<sup>3</sup>.
- Baris 6: jumlah penduduk sementara dianggap konstan sebesar 250 orang

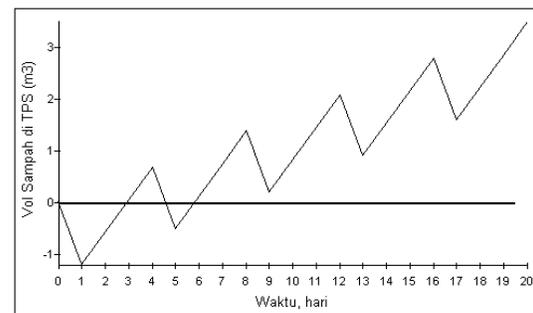
Dasar perhitungannya, jika dalam 1 RT terdiri dari 5 Dawis (dasa wisma), dimana 1 dasa sekitar 10 KK, tiap KK terdiri dari 5 – 6 orang, maka jumlah penduduk dalam RT yang diamati sebesar 5 x 10 x 5 = 250.

- Baris 4: mendiskripsikan volume pengambilan, dimana pengambilan sampah di TPS tidak dilakukan setiap hari, oleh karenanya digunakan fungsi PULSE dengan perintah **PULSE (volume,first,interval)** yang dapat diilustrasikan pada gambar 4. Dimana volume = volume becak (baris ke 7), first = 0 artinya pengambilan dimulai waktu ke 0, interval = Frekuensi ambil (baris ke 5)



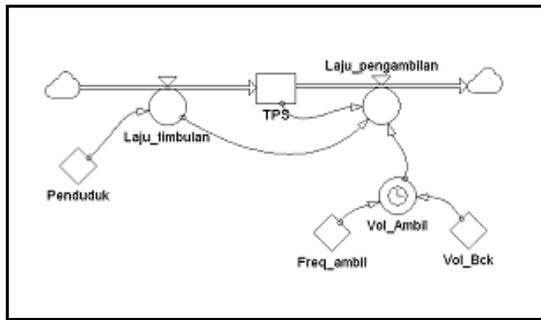
Gambar 4: Ilustrasi fungsi PULSE, fungsi dengan sifat berkala,

Hasil simulasi yang ditampilkan jumlah sampah di TPS (satuan volume m<sup>3</sup>/hari) dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5: Hasil simulasi MODEL 1

Berdasarkan hasil simulasi MODEL 1, terlihat pada hari ke 1 volume sampah di TPS - 1,8 m<sup>3</sup>. Hal ini disebabkan pada keadaan awal di TPS tidak ada sampah, kemudian diambil sebanyak volume becak sampah yang mengakibatkan nilainya negatif, dan hal ini secara kenyataan tidak mungkin. Keadaan ini sebagaimana dalam diagram alir gambar 2 disebut dengan verifikasi model. Selanjutnya model diperbaiki sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 6, dengan bentuk seperti pada tabel 6.



Gambar 6: MODEL 2, Ilustrasi model dinamis pengelolaan sampah tingkat RT/RW di daerah perumahan

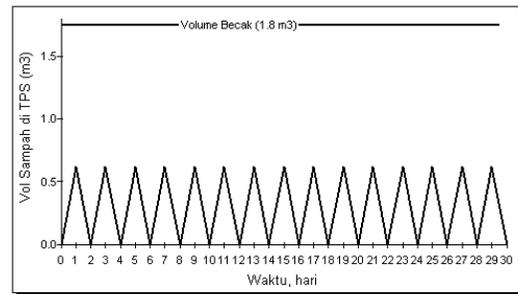
Pada tabel 6 berikut, tampilan dari Powersim dalam bentuk persamaan, yang dinyatakan dalam 7 baris.

Tabel 6: Persamaan Powersim pada MODEL 2

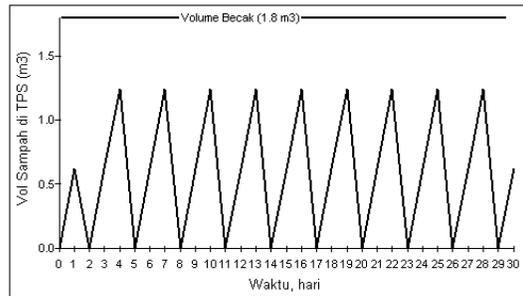
1	 	Init: TPS = 0 $TPS = -dt * Laju\_pengambilan + dt * Laju\_timbulan$
2		$Laju\_timbulan = 2.5 * Penduduk / 1000$
3		$Laju\_pengambilan = IF (TPS < Vol\_Ambil, TPS + Laju\_timbulan, Vol\_Ambil)$
4		$Vol\_Ambil = PULSE(Vol\_Bck, 0, Freq\_ambil)$
5		$Freq\_ambil = 2$
6		$Penduduk = 250$
7		$Vol\_Bck = 1.8$

- Baris ke 1: sama seperti MODEL 1
- Baris ke 2: sama seperti MODEL 1
- Baris ke 6: sama seperti MODEL 1
- Baris ke 4: sama seperti MODEL 1
- Pada baris ke 3 digunakan perintah IF. Hal ini digunakan untuk menghindari nilai negatif pada jumlah sampah di TPS. Format perintah kondisional adalah sebagai berikut: **IF (condition, value1, value2)**. Pada perintah tersebut jika kondisi yang diberikan benar yaitu vol TPS lebih kecil (<) dari Volume\_Ambil, maka laju\_pengambilan akan digunakan value1 yaitu TPS + Laju\_timbulkan; apabila kondisi salah maka laju\_pengambilan akan menggunakan value2 yaitu Vol\_Ambil.

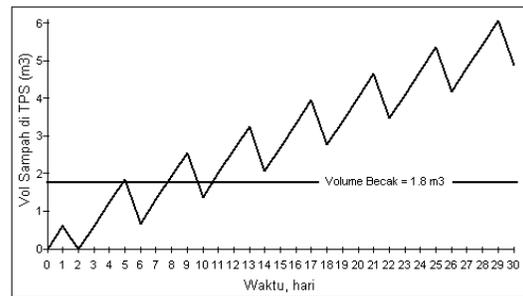
Hasil simulasi dari MODEL 2 sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 7. Pada hasil tersebut tidak terlihat volume sampah di TPS yang berada pada posisi dibawah nol. Hal ini benar, seandainya volume sampah misalkan hanya 1 m<sup>3</sup>, maka pengambilan sampah hanya 1 m<sup>3</sup>, tidak tetap 1,8 m<sup>3</sup> sebagaimana MODEL 1. Selanjutnya MODEL 2 tersebut dapat disimulasikan agar didapat waktu optimal pengambilan, dengan cara mengubah-ubah nilai (parameter) frekuensi pengambilan. Karena pada gambar 7 terlihat bahwa untuk pengambilan 2 hari sekali maka dibanding dengan volume becak masih cukup jauh, artinya masih banyak volume yang kosong. Hal yang sama untuk frekuensi pengambilan 3 hari. Akan tetapi, untuk frekuensi pengambilan 4 hari terjadi kelebihan volume (*over load*) seperti pada gambar 9. Jadi frekuensi pengambilan optimal adalah 3 hari.



Gambar 7 Frekuensi pengambilan 2 hari sekali (MODEL 2)



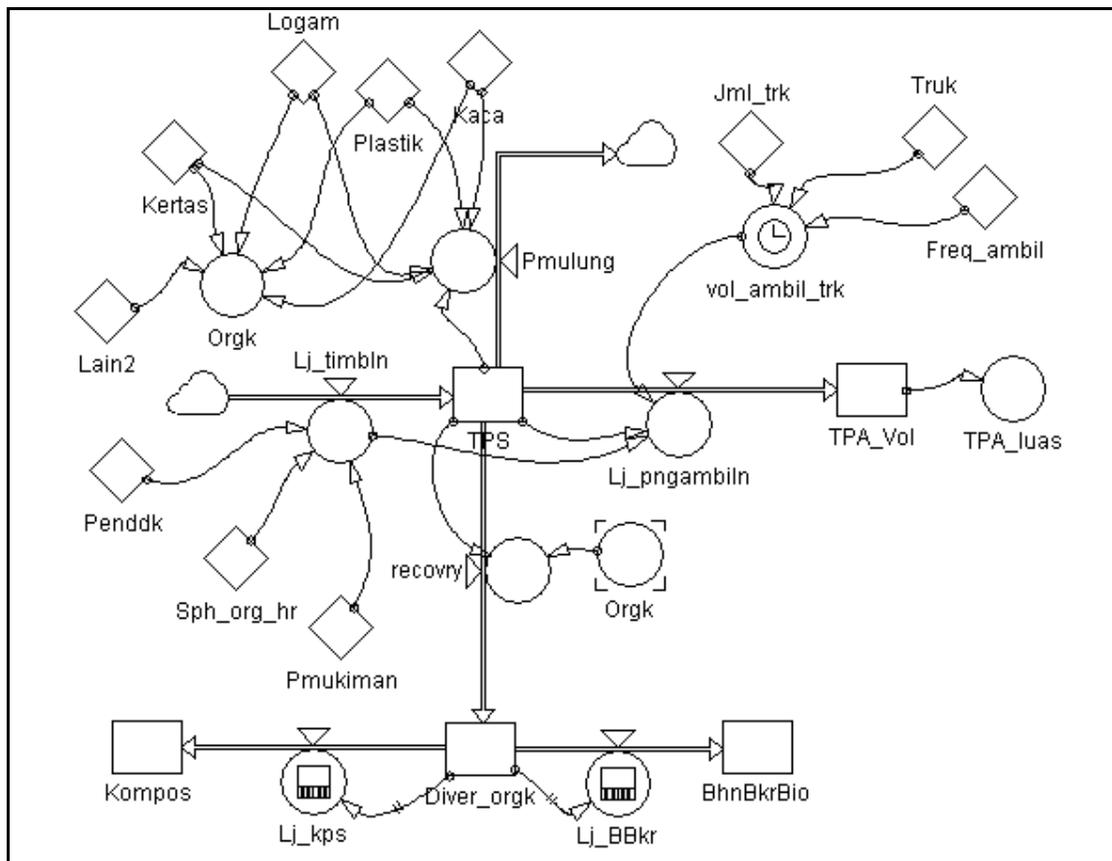
Gambar 8: Frekuensi pengambilan 3 hari sekali (MODEL 2)



Gambar 9: Frekuensi pengambilan 4 hari sekali

Selanjutnya dikembangkan model dinamis untuk sistem sampah perkotaan dengan menggunakan data-

data dari pustaka yang telah dibahas sebelumnya, sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10: Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu – MODEL 3

MODEL 3 dalam bentuk persamaan Powersim:

```

init BhnBkrBio = 0
flow BhnBkrBio = +dt*Lj_BBkr
init Diver_orgk = 0
flow Diver_orgk = -dt*Lj_BBkr
            -dt*Lj_kps
            +dt*recovry
init Kompos = 0
flow Kompos = +dt*Lj_kps
init TPA_Vol = 0
flow TPA_Vol = +dt*Lj_pngambiln
init TPS = 0
flow TPS = -dt*Lj_pngambiln
            -dt*recovry
            -dt*Pmulung
            +dt*Lj_timbln
doc TPS = Timbulan 3.14 l/org/hari dari
Winardi, dkk, 2007
aux Lj_BBkr = 0.6*DELAYMTR(Diver_orgk,
15, 2,0)
aux Lj_kps = 0.4*
DELAYMTR(Diver_orgk,10,1,0)
    
```

```

doc Lj_kps = Delay time 10 hr untuk membuat
kompos
aux Lj_pngambiln = IF(TPS<vol_ambil_trk,
TPS+Lj_timbln, vol_ambil_trk)
aux Lj_timbln =
(Sph_org_hr/1000)*Penddk*Pmukiman
aux Pmulung =
TPS*(Kaca+Kertas+Plastik+Logam)*0.80
doc Pmulung = 80% yang terambil pemulung
aux recovry = TPS*Orgk*0.75
aux Orgk = 1-Kaca-Kertas-Logam-Plastik-Lain2
aux TPA_luas = (TPA_Vol/2)/10000
doc TPA_luas = luas= vol/Ketinggian (2m diurug)
→ konversi m2 ke ha
aux vol_ambil_trk = PULSE(Truk*Jml_trk, 0,
Freq_ambil)
const Freq_ambil = 2
const Jml_trk = 8
doc Jml_trk = Jumlah dump truck
const Kaca = 0.02
doc Kaca = 2% plastik
const Kertas = 0.12
doc Kertas = 12% komposisi sampah kertas
const Lain2 = 0.08
    
```

doc Lain2 = 8% lain2, mis:kain, karet, kayu dll  
 const Logam = 0.02  
 doc Logam = 2% logam  
 const Penddk = 1400000  
 doc Penddk = Penduduk Smg, data 2004  
 const Plastik = 0.14  
 doc Plastik = 14% komposisi plastik  
 const Pmukiman = 0.75  
 doc Pmukiman = 75% sampah bersumber dari pemukiman  
 const Sph\_org\_hr = 2.5  
 doc Sph\_org\_hr = timbulan sampah liter/orang/hari  
 const Truk = 6  
 doc Truk = Kapasitas dump truck=6 m3

MODEL 3 pada gambar 10, sudah dikembangkan model pengelolaan sampah secara terpadu dengan cara pemanfaatan sampah, mulai daur ulang (*recycle*) melalui jasa pemulung dan juga proses diversifikasi menjadi bahan lain seperti pengomposan dan bahan bakar organik seperti briket arang dan lain sebagainya. Pada bagian diversifikasi atau *recovery* terlihat menggunakan fungsi DELAYMTR (delay material) karena dalam pembuatan kompos misalnya diperlukan waktu sekitar 7 sampai 10 hari (Setyo P., dan Nurhidayat, 2007). Demikian juga dalam pembuatan bahan bakar organik pada fungsi DELAYMTR digunakan orde 2 karena tingkat kesulitan pembuatan dianggap lebih tinggi.

MODEL 3 masih banyak yang dapat dikembangkan, sehingga menjadi suatu model yang lebih mendekati realitas. Untuk itu diperlukan data yang lebih komplit. Pada model tersebut masih banyak asumsi yang diambil, antara lain jumlah penduduk dianggap konstan, demikian juga dengan jumlah timbulan sampah masih merupakan fungsi jumlah penduduk dapat dikembangkan dengan mengikut sertakan pengaruh dari tingkat pendapatan PDRB sebagaimana yang dikemukakan oleh Winardi dkk (2007). Pada proses *recycle* untuk daerah Jawa Tengah dapat digunakan data industri yang menerima daur ulang (Winardi dkk, 2007).

### Kesimpulan dan Saran

MODEL 3 merupakan model dinamis sistem pengelolaan terpadu sampah di daerah perkotaan. Simulasi dari MODEL 3 tergantung dari interest pengguna. Untuk pengguna yang bergerak dalam bidang transportasi, maka frekuensi pengambilan, jenis pengangkut (berhubungan dengan volume angkut) merupakan variabel penggerak yang perlu disimulasikan. Sedangkan pengguna yang tertarik dengan luas lahan yang perlu disediakan, maka TPA\_luas (sudah dikonversi dalam Ha) digunakan sebagai respon terhadap jumlah penduduk ataupun komposisi sampah.

### Daftar Pustaka

1. Bappenas dan Pemkot Semarang, (2006), "Strategi dan Rencana Aksi Lokal kota Semarang" PT. Gramedia, Jakarta.
2. Bitu Pigawati dan Omar Brahmanto, (2006), "Identifikasi Lokasi TPA Sampah Berdasarkan Aspek Teknis", TEKNIK, Vol 27, No.2, Semarang.
3. Heinz Frick dan FX. Bambang Suskiyatno, (2007), "Dasar-dasar arsitektur ekologis", Seri Eko-Arsitektur 1, Penerbit Kanisius – Penerbit ITB, Yogyakarta – Bandung.
4. Kristanto, P., (2002), "Ekologi Industri", LPPM Universitas Kristen PETRA, Penerbit AN DI, Surabaya – Yogyakarta.
5. M. Arief Budihardjo dan Badrus Zaman, (2007), "Optimasi pengumpulan dan pengangkutan sampah kota dengan menggunakan model Powersim", TEKNIK, Vol. 28 No. 2, Semarang.
6. Nurandani Hardiyanti, (2006), "Identifikasi dan pengelolaan sampah pusat perbelanjaan", TEKNIK, Vol 27, No.2, Semarang.
7. Setyo Purwendro dan Nurhidayat, (2007), "Mengolah sampah untuk pupuk dan pestisida organik", Cet.3., Penebar Swadaya, Jakarta.
8. Winardi, D.N., Denok, A.S., Syafrudin, (2007), "Studi Potensi Pemanfaatan Nilai Ekonomi Sampah Anorganik Melalui Konsep Daur Ulang Dalam Rangka Optimalisasi Pengelolaan Sampah", TEKNIK, Vol 28., No. 1, Semarang